

нии болезни Крона составляет 100 и 97 % соответственно при точке отсечения 30 мкг/л [4]. Эти результаты были значительно лучше, чем те, которые были получены для иммунохимического теста на скрытую кровь в кале, СРБ и СОЭ [5].

S. Dolvani с соавторами определили медиану значений фекального калпротектина для пациентов с болезнью Крона и здоровыми добровольцами на уровне 227 и 10 мкг/г соответственно ($p < 0.0001$). Отрицательная прогностическая ценность маркера при точке отсечения на уровне 60 мкг/г составляет 100 % в сравнении с 91 % для СОЭ и 84 % — для комбинации СОЭ и СРБ [6].

В метаанализе, включающем 5 исследований и 733 пациента, чувствительность и специфичность фекального калпротектина в выявлении болезни Крона была 95 % (95 % ДИ: 92–97) и 84 % (95 % ДИ: 80–87) соответственно. В 2 исследованиях, включающих детей, страдающих болезнью Крона, чувствительность и специфичность при точке отсечения на уровне 100 мкг/г были еще выше [7].

Обобщая представленные результаты исследования, можно сделать следующие **выводы**:

1. Медиана значений фекального калпротектина для болезни Крона равна 266,00 мкг/г (95 % ДИ: 138,19–1089,95), для язвенного колита — 454,00 мкг/г (95 % ДИ: 239,70–951,67), для СРК — 17,33 мкг/г (95 % ДИ: 15,19–23,09), для дивертикулов толстой кишки — 20,70 мкг/г (95 % ДИ: 11,57–31,95), для здоровых добровольцев — 14,75 мкг/г (95 % ДИ: 12,87–15,68). Статистически значимые различия присутствовали при сравнении группы больных терминальным илеитом и пациентов с дивертикулами толстой кишки ($p = 0,0001$), СРК и здоровыми добровольцами ($p < 0,0001$). Значения маркера у пациентов с болезнью Крона не имели статистически достоверных различий при сравнении с группой больных язвенным колитом ($p = 0,72$).

2. Медиана значений фекального калпротектина для активной болезни Крона составила 366,63 мкг/г (95 % ДИ: 142,69–1962,11). Различия были статистически достоверны между уровнем маркера у больных терминальным илеитом и пациентами с дивертикулами толстой кишки, СРК и здоровыми добровольцами ($p < 0,0001$). Значения маркера у пациентов с болезнью Крона не имели статистически достоверных различий при

сравнении с группой больных язвенным колитом ($m = 624,00$ мкг/г, 95 % ДИ: 351,11–1146,27; $p = 0,33$).

3. Чувствительность фекального калпротектина в выявлении болезни Крона при точке отсечения 75,18 мкг/г составляет 92,31 % (95 % ДИ: 63,90–98,70), специфичность — 95,49 % (95 % ДИ: 90,40–98,30), положительная прогностическая ценность — 66,70 %, отрицательная прогностическая ценность — 99,20 %.

4. В выявлении болезни Крона фекальный калпротектин превосходит иммунохимический тест на скрытую кровь в кале, СРБ и СОЭ по чувствительности ($p < 0,00001$) и диагностической значимости (ППК, 0,94, СО: 0,05; ППК, 0,73, СО: 0,08; ППК, 0,71, СО: 0,09; ППК, 0,72, СО: 0,08 соответственно, $p = 0,02$).

5. Чувствительность фекального калпротектина в выявлении активной болезни Крона составляет 100,00 % (95 % ДИ: 73,40–100,00), специфичность — 95,49 % (95 % ДИ: 90,40–98,30), положительная прогностическая ценность — 66,70 %, отрицательная прогностическая ценность — 100,00 %.

6. Значения фекального калпротектина ассоциированы с индексом активности болезни Крона ($\tau = 0,82$, $p = 0,0005$, 95 % ДИ: 0,50–0,95).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лечение болезни Крона у взрослых // Рекомендации Американской коллегии гастроэнтерологов [Электронный ресурс]. — 2001. — Режим доступа: <http://practica.ru/SMM/0104/0104part6.pdf> — Дата доступа: 12.07.2008.
2. Calprotectin is a stronger predictive marker of relapse in ulcerative colitis than in Crohn's disease / F Costa [et al.] // Gut. — 2005. — Vol. 54, № 3. — P. 364–368.
3. Konikoff, M. R. Role of fecal calprotectin as a Biomarker of intestinal inflammation in Inflammatory Bowel Disease / M. R. Konikoff // Inflamm. Bowel Dis. — 2006. — Vol. 12. — P. 524–534.
4. Johne, B. New fecal calprotectin test for colorectal neoplasia. The Clinical results and comparison with preceding method / B. Johne // Scand. J. Gastroenterol. — 2001. — № 36. — P. 291–296.
5. Limburg, P. J. The Level Faecal Calprotectin predict colorectal inflammation amongst patient with chronic diarrhoea ed for colonoscopy / P. J. Limburg // J. Gastroenterol. — 2000. — № 95. — P. 2831–2837.
6. Diagnostic accuracy of faecal calprotectin estimation in prediction of abnormal small bowel radiology / S. Dolvani [et al.] // Alimentary Pharmacology & Therapeutics. — 2004. — № 20(6). — P. 615–621.
7. Diagnostic precision of fecal calprotectin for inflammatory bowel disease and colorectal malignancy / A.C. Roon [et al.] // Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE). — [Electronic resource]. — 2008. — Mode of access: <http://www.crd.york.ac.uk/CRDWeb/ShowRecord.asp?View=Full&ID=12007001290>. — Date of access: 08.08.2008.

Поступила 10.07.2009

УДК 616.5-001:611.018

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЖИ: СОКРАТИМОСТЬ И РАСТЯЖИМОСТЬ, ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ, ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

М. Ф. Курек, В. В. Аничкин, С. В. Шилько, Р. В. Дорошенко

Гомельский государственный медицинский университет

Знание процессов изменения, происходящих в коже во время пластических операций, необходимы для эффективного их планирования. С точки зрения биомеханики человеческая кожа представляет собой слож-

ный материал, обладающий гетерогенными нелинейными анизотропными вязкоупругими свойствами. С этим связана сложность эффективного моделирования мягких тканей и кожи. Большинство исследователей считают, что главную роль, определяющую *механические свойства* кожи, играет *дерма*, а главной причиной механических различий является архитектура тканей. Один из методов изучения свойств кожи — механические опыты, которые служат своего рода «функциональной биопсией», т.к. поведение кожи детерминировано ее микроструктурным составом и организацией. Целью исследования было изучение свойств сократимости и растяжимости кожи, их гистологической детерминанты и возможности прогнозирования. В результате исследования мы обнаружили, что изучаемые свойства хотя и обусловлены одними и теми же микроанатомическими структурами, имеют сложную нелинейную взаимосвязь и зависят от разных характеристик соединительнотканых волокон.

Ключевые слова: механические свойства кожи, сократимость, растяжимость, эластичность.

MECHANICAL SKIN QUALITIES: CONTRACTILITY AND TENSILITY, THEIR CORRELATION, HISTOLOGICAL BASIS AND THE POSSIBILITY OF FORECASTING

M. F. Kurek, V. V. Anichkin, S. V. Shilko, R. V. Doroshenko

Gomel State Medical University

Learning the process of changes in skin that occurs during plastic surgery is of great importance for the effective planning of plastic operations. According to biomechanics the human skin is a composite material with heterogeneous nonlinear anisotropic viscoelastic characteristics. This is associated with difficulties in building an effective model of soft tissues and skin. Most investigators consider dermis to be the determinative of mechanical properties of the full-thickness skin. And architectonics is the main reason of differences in mechanical behaviour of the skin. One of the methods of studying the skin properties is mechanical test, which is considered as functional biopsy, as its behavior is defined by its microstructural composition and organization. The aim of this study was to determine such features as contractility and tensile strength, their histological foundation and an opportunity to predict them. As we've found the features of interest in spite of being determined by the same microanatomical structures have a complicated nonlinear correlation and depend on different characteristics of connective tissue fibers.

Key words: mechanical properties of the skin, contractility, tensile strength, elasticity.

Введение

Знание процессов изменения, происходящих в коже во время пластических операций, необходимы для эффективного их планирования. При пластических операциях А. А. Лимберг выделял 3 основные механические свойства кожи: сокращение, перемещение, растяжение [1].

С точки зрения биомеханики основными физическими свойствами кожи являются: натяжение (напряжение), растяжимость, вязкоупругость, анизотропия.

Натяжение (напряжение) присуще всем тканям и варьирует в зависимости от анатомической области и возраста. Оно проявляется сокращением краев раны после нанесения разреза, обуславливает некоторое сокращение размеров лоскута после нанесения разреза и отделения его от подлежащих тканей. Если измерить толщину кожи *in vivo*, а затем толщину этой же кожи после разреза, то во втором случае она окажется значительно толще. За это свойство отвечает сеть эластиновых волокон [2, 3].

Растяжимость кожи — ее ответ на механическое воздействие. Она позволяет растягиваться коже, покрывающей суставы и грудную клетку при вдохе, и возвращаться в исходное состояние. Это свойство также является причиной некоторого уменьшения площади лоскута после препаровки [2]. Когда деформация кожи выхо-

дит за пределы ее эластичности, упругая деформация переходит в пластическую. Коллагеновые волокна разрушаются, и кожа не может восстановить первоначальную форму и размеры [4].

Вязкоупругость включает ползучесть и релаксацию напряжения. Ползучесть проявляется, когда сила, приложенная для длительного растяжения кожи, вызывает ее постепенное удлинение [2]. Эффекты вязкости проявляются только при приложении силы большей, чем кожа встречает обычно *in vivo*, в течение какого-то продолжительного периода времени. Если дерма подвергается последовательным циклам нагрузки, получается немного отличная кривая. Более того, кожа проявляет релаксацию напряжения при постоянной деформации и ползучесть при постоянном напряжении. Такое поведение кожи с зависимостью по времени может быть связано с вязким сопротивлением *основного вещества дермы*, по которому перемещаются *соединительнотканые волокнистые структуры* [4].

Анизотропия. Сеть коллагеновых волокон обуславливает предпочтительную растяжимость в определенном направлении, которое характеризуют *линии Лангера*. Коллагеновые и эластиновые волокна более растяжимы вдоль этих линий [3].

Таким образом, человеческая кожа представляет собой сложный материал, обладаю-

щий гетерогенными нелинейными анизотропными вязкоупругими свойствами [5]. С этим связана сложность эффективного моделирования мягких тканей и кожи [6].

Большинство исследователей считают, что главную роль, определяющую *механические свойства* кожи, играет богатая коллагеном *дерма*. Зияние раны после линейного разреза через всю толщину кожи или кожи и подкожной клетчатки является следствием сокращения соединительнотканного слоя кожи, клетчатка и эпителиальный слой сами не сокращаются, но следуют за соединительнотканном слоем кожи [1]. Биомеханические опыты, проведенные над полнослойной кожей и над дермальным коллагеном отдельно, дают практически одинаковые результаты [3].

Эластин — фибриллярный белок, который образует сетчатую структуру между коллагеновыми волокнами и обеспечивает механическую прочность при небольших нагрузках [7]. Прямой связи коллагеновых и эластиновых волокон не обнаружено. Коллагеновые волокна закручиваются вокруг эластинового стержня. При растяжении примерно в 1,3 раза коллагеновая спираль выпрямляется. Благодаря эластиновой сети восстанавливается нормальное расположение волокон, измененное под действием внешних сил [3].

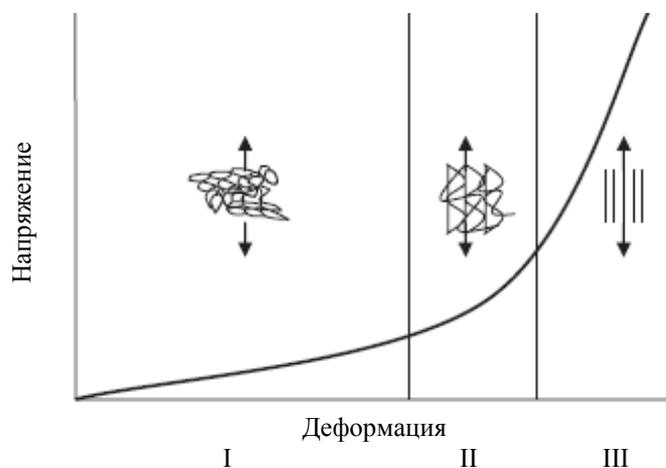


Рисунок 1 — График «напряжение-натяжение»

При растяжении кожи на кривой «напряжение-деформация» выявляется период небольшой деформации (отрезок I), который первично зависит от тонкой *эластиновой сети*. Вкладом нераспрямившихся коллагеновых волокон в эту фазу можно пренебречь. В эту фазу небольшие нагрузки вызывают сильное растяжение при малом напряжении в лоскуте. На отрезке II этой кривой случайно расположенные коллагеновые волокна начинают упорядочиваться в направлении действия силы и распрямляться. Деформация становится более трудной. Позднее, на отрезке III, все коллагеновые волокна ориенти-

рованы в соответствии с направлением действия силы, и возможна лишь незначительная деформация. Клинически, когда попытка закрытия раны приводит к избыточному натяжению (отрезок III кривой «напряжение – деформация»), дополнительное усилие не приводит к смещению ткани, что свидетельствует о необходимости прибегнуть к другим методам закрытия (трансплантатам или лоскутам). В первую фазу кривой «напряжение – деформация» кожа ведет себя как эластичный материал. Во II и III — проявляет вязко-упругие свойства [3].

Прочность на разрыв и модуль Юнга в отдельных коллагеновых волокнах, выделенных из разных тканей, различаются незначительно. Главной причиной механических различий является архитектура тканей, т. е. способы укладки волокон и пучков и характер взаимодействия коллагеновых волокон с другими компонентами. Основным фактором, определяющим архитектуру волокон, являются сила и топографическое распределение действующих на ткань нагрузок [8].

Эпидермис также вносит свой вклад в ответ кожи на механическое воздействие. Несмотря на то, что эпидермис обладает большей прочностью по сравнению с дермой, его вкладом в суммарную прочность кожи пренебрегают [3].

Один из методов изучения свойств кожи — механические опыты, которые служат своего рода «функциональной биопсией», т. к. поведение кожи детерминировано ее микроструктурным составом и организацией [9]. В литературе описано биомеханическое поведение кожи человека при ее нагружении по продольной оси в виде графика «напряжение-деформация», отражающего зависимость деформации (натяжения) и напряжения в кожном лоскуте, изображенного на рисунке 1.

Эпидермис также вносит свой вклад в ответ кожи на механическое воздействие. Несмотря на то, что эпидермис обладает большей прочностью по сравнению с дермой, его вкладом в суммарную прочность кожи пренебрегают [3].

Цель исследования

Изучить свойства сократимости и растяжимости кожи, их взаимосвязь и микроанатомическую основу, определить возможность прогнозирования одного свойства, зная другое.

Материал и метод

Исследование проводилось на образцах кожи из эпи- и гипогастральной области у 30 человек от 23 до 87 лет, из них 10 женщин и 20 мужчин.

Для определения сократимости на коже эпигастральной и гипогастральной области размечали маркером образцы в виде полос кожи 80×15 мм, ориентированных по длине в кранио-каудальном направлении. Кожу рассекали скальпелем (лезвие № 23) по размеченным линиям до подкожного слоя, измеряли, вычисляли площадь, затем кожу отделяли от гиподермы и проводили аналогичные измерения. Образцы кожи помещались в физиологический раствор и в течение часа подвергались испытаниям на испытательной машине INSTRON 5567 для статических испытаний материалов на растяжение (ГОСТ 11262-80). С целью анализа данных испытаний кожи на растяжение, строили графики зависимости деформации от напряжения в лоскутах (кривая «напряжение-натяжение»). Анализировали напряжение, деформацию, модуль Юнга (модуль упругости) в момент смены фаз биомеханического поведения кожи и в момент максимальной деформации, предшествовавшей разрыву лоскута.

Точки перехода фаз I, II и III определяли визуально по графику, в сомнительных случаях дополнительно вычисляли коэффициент роста напряжения (темп роста) — относитель-

ную величину, характеризующую интенсивность изменения показателя за определенный промежуток времени:

$$A_i = x_i/x_{i-1},$$

где, A_i — коэффициент роста напряжения в момент времени i с, x_i — напряжение в i с, x_{i-1} — напряжение в предыдущий момент времени.

Дополнительно производили забор кожи с подкожной клетчаткой до Скарповской фасции из эпи- и гипогастральной области 10×10 мм для гистологического исследования. Препараты окрашивали гематоксилин-эозином и по ван Гизону с целью исследования соединительнотканых волокон.

Оценка нормальности распределения проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Распределение можно считать приблизительно нормальным, что говорит о влиянии множества факторов на изучаемые явления.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ «Statistica» 6.0.

Сравнительный анализ между группами проводился с использованием непараметрических критериев (тест совпадающих пар Уилкинсона для связанных групп, критерий Манна-Уитни для несвязанных групп, гамма-корреляция, тау Кендалла). Разность показателей считали статистически достоверной при $p \leq 0,05$.

В качестве средних значений в тексте приведены медианы.

Результаты и обсуждение

Полученные данные приведены в таблице 1, курсивом выделены показатели, разность которых между группами статистически значима.

Таблица 1 — Сравнение показателей биомеханических тестов кожи эпи- и гипогастральной области

Показатели	Эпигастральная область медиана	Гипогастральная область медиана	Разность медиан, %	<i>P</i>
Деформация в конце I фазы, %	12,6	9,8	22	0,42
Напряжение в конце I фазы, МПа	0,225	0,199	12	0,91
Модуль Юнга в конце I фазы, МПа	0,0188	0,0149	21	0,67
Деформация в конце II фазы, %	28,2	22,0	22	0,041
Напряжение в конце II фазы, МПа	1,54	1,28	17	0,0017
Модуль Юнга в конце II фазы, МПа	0,0579	0,0498	14	0,23
Предельная деформация, %	111	98	12	0,02
Предельное напряжение, МПа	18,9	12,5	34	0,00001
Модуль Юнга в момент максимального напряжения, МПа	0,151	0,127	16	0,002
Площадь образцов после нанесения разрезов, %	71,3	71,5	0,3	0,216
Площадь образцов после отделения ПКЖ, %	66,0	64,3	3	0,027

Тест на сокращение

Статистически значимой разности сократимости кожных лоскутов из эпи- и гипогастральной области после нанесения разрезов не выявлено.

Сократимость кожных лоскутов после отделения их от подкожного жира (ПКЖ) оказалась лучше в гипогастрии по сравнению с эпигастрием при $p = 0,027$.

Распределение по полу и возрасту в этих группах оказалось одинаковым.

Тест на растяжение

Средняя деформация в конце фазы I кривой «напряжение-натяжение» оказалась 12,6 % в эпигастральной и 9,8 % в гипогастральной области. Среднее напряжение кожи эпигастральной области в конце I фазы составило 0,225 МПа,

гипогастральной — 0,199 МПа, модуль Юнга — 0,0188 и 0,0149 МПа соответственно. Статистически значимой разности изучаемых параметров не выявлено.

В 16 случаях в конце I фазы деформация кожи эпигастральной области оказалась больше, чем кожи гипогастральной области, в 14 случаях — наоборот. Распределение по полу и возрасту оказалось одинаково в обеих группах.

Таким образом, биомеханические опыты не выявили статистически значимой разности эластических свойств кожи между эпи- и гипогастральной областью, детерминированных сетью эластиновых волокон.

Средняя деформация в конце II фазы лоскутов кожи из эпигастральной области оказалась больше, чем кожи из гипогастральной области на 22 %, $p = 0,041$.

В конце II фазы среднее напряжение кожи эпигастральной области также оказалось больше напряжения кожи гипогастральной области на 17 %, $p = 0,0017$.

Т. е., статистически значима разность показателей, обусловленных взаимодействием эластиновых и коллагеновых волокон.

Средняя предельная деформация кожи в выборке эпигастральной области оказалась больше деформации кожи гипогастральной области на 12 %, $p = 0,02$.

Анализ предельной прочности (максимальное напряжение, приводящее к упругой деформации) исследуемых образцов показал, что кожа эпигастральной области в среднем выдерживает большее напряжение, чем кожа гипогастральной области на 34 %, $p = 0,00001$.

Модуль Юнга в момент максимального напряжения кожи в области эпигастрия оказался больше, чем в гипогастральной области на 16 %, $p = 0,002$.

При сравнении среднего предела прочности и предельной деформации по полу статистически достоверной разности не выявлено.

Гистоморфология

При гистоморфологическом исследовании препаратов, окрашенных гематоксилин-эозином, определялась толщина слоев кожи: эпидермиса, сосочкового и сетчатого слоев дермы. Статистически значимых различий средней толщины различных слоев кожи между эпи- и гипогастральной областью не выявлено. Корреляционный анализ данных биомеханических опытов и гистологического исследования также не дал результатов.

Разделение слоев подкожного жира на апикальный, поверхностный и глубокий обнаружено только при значительной толщине подкожного жира (толщина кожно-жировой складки от 4,5 см).

Учитывая наличие статистически значимых топографических различий механических свойств кожи живота, можно сделать вывод,

что эти отличия не связаны непосредственно с толщиной слоев кожи.

Однако в группе, где деформация кожи гипогастральной области оказалась больше, чем эпигастральной, средняя толщина сосочкового слоя кожи гипогастральной области на 3,8 %, сетчатого слоя кожи эпигастрия на 5,3 % больше среднего основной группы.

При анализе препаратов, окрашенных по ван Гизону использовали полуколичественный метод: оценивалась плотность соединительнотканых волокон (1 — отдельные волокна; 2 — волокна прилежат друг к другу; 3 — волокна образуют конгломерат); их расположение (1 — волокна расположены линейно; 2 — образуют волнистые структуры; 3 — образуют завитки, клубки); муаровость (1 — волнистость до 90°; 2 — волнистость до 180°; 3 — волнистость до 360°).

В образцах кожи эпи- и гипогастральной области, показавших максимальные значения предела прочности, соединительнотканые волокна имели свободное расположение, среднюю волнистость и муаровость 180°.

Большим значениям предельной деформации сопутствовало более плотное расположение соединительнотканых волокон. В области эпигастрия хуже растягивались образцы, в которых волокна располагались в виде клубков и завитков.

Модуль Юнга принимал минимальные значения (т. е. кожа деформировалась с меньшим усилием) при более плотном расположении соединительнотканых волокон.

По способности кожи к сокращению мы выделили 3 группы: максимальное, среднее, минимальное значение.

В области эпигастрия связи с толщиной слоев кожи не обнаружено. В области гипогастральной области чем толще сосочковый слой дермы, тем хуже сокращалась кожа.

Также не найдено связи с плотностью соединительнотканых волокон.

Чем больше закручены волокна соединительной ткани, тем лучше сократилась кожа. Корреляционный анализ с применением критерия тау Кендалла и гамма-корреляции выявил линейную зависимость сократительной способности кожи эпигастрия с муаровостью СТ волокон образцов кожи из одноименной области при $p = 0,039$.

В гипогастральной области такой связи не обнаружено.

Таким образом, статистически значимыми оказались различия сократимости кожи из эпи- и гипогастральной области, которая, по данным литературы, детерминирована сетью эластиновых волокон.

При сравнении данных опытов на растяжение в конце I фазы, которая, согласно литературе, также отражает состояние эластиновой сети, разности между группами не выявлено.

Выявлена статистически значимая разность между группами в фазу II и III, которая должна быть обусловлена взаимодействием коллагеновых и эластиновых волокон.

Свойства деформации и прочности, с которыми связана растяжимость, зависят от плотности расположения соединительнотканых волокон: чем более плотно они расположены, тем больше потенциал растяжения, чем более свободно расположены волокна, тем прочнее кожа.

Со свойствами сократимости связана волнистость и муаровость: чем более закручены соединительнотканые волокна, тем лучше сокращается кожа.

Статистически значимой прямой или обратной связи сократимости и растяжимости мы не обнаружили, тем не менее способность к деформации и упругость оказались больше в области эпигастрия, сокращалась лучше кожа гипогастрия. В эпигастрии большая извитость соединительнотканых волокон соответствовала меньшей деформации и лучшему сокращению образцов кожи. Таким образом, результаты механических и гистологических исследований имеют единое направление.

Выводы

1. Механические свойства кожи определяются не волокнами отдельного вида, а их взаимным расположением и влиянием друг на друга, т. е. архитектоникой соединительнотканых волокон.

2. Эти свойства динамичны и изменяются по мере перестройки соединительнотканых волокон под действием внешних и внутренних сил.

3. Свойства сократимости и растяжимости кожи хотя и обусловлены одними и теми же микроанатомическими структурами, зависят от разных характеристик соединительнотканых волокон и не имеют прямой зависимости. Наблюдается некоторая тенденция к обратной зависимости этих свойств в совокупности. Однако в отдельно взятом случае, зная одно свойство, невозможно предсказать второе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лимберг, А. А. Планирование местнопластических операций / А. А. Лимберг. — Л.: МЕДГИЗ, 1963. — 590 с.
2. Cordes, S. Tissue Expanders / S. Cordes, K. H. Calhoun, F. B. Quinn // UTMB Dept. of Otolaryngology Grand Rounds [Electronic resource]. — 1997. — Mode of access: <http://www.utmb.edu/otoref/grnds/tissue-expand.html>. — Date of access: 10.01.2009.
3. Hendriks, F. M. Mechanical Behaviour of Human Skin in Vivo: A Literature Review / F. M. Hendriks // Nat.Lab. Unclassified Report 2001/820 [Electronic resource]. — 2001. — Mode of access: www.extra.research.philips.com/publ/rep/nl-ur/NL-UR2001-820.pdf. — Date of access: 10.01.2009.
4. Пейпл, А. Д. Пластическая и реконструктивная хирургия лица / Под ред. А. Д. Пейпла; пер. с англ. — М.: БИНОМ, 2007. — С. 52.
5. Федоров, А. Е. О механических свойствах кожи человека / А. Е. Федоров, В. А. Самарцев, Т. А. Кириллова // Российский журнал биомеханики. — 2006. — Т. 10, № 2. — С. 24–42.
6. Finite element crash simulations of the human body: Passive and active muscle modelling / S. Mukherjee [et al.] // Sadhana. — 2007. — Vol. 32, № 4. — P. 409–426.
7. Non-invasive prediction of skin flap shrinkage: A new concept based on animal experimental evidence / K.H. Lim [et al.] // Journal of Biomechanics. — 2008. — Vol. 41, № 8. — P. 1668–1674.
8. Серов, В. В. Соединительная ткань (функциональная морфология и общая патология) / В. В. Серов, А. Б. Шехтер. — М.: Медицина, 1981. — 312 с.
9. Effects of subcutaneous expansion on the mechanical properties of porcine skin / S. M. Belkoff [et al.] // Journal of surgical research. — 1995. — Vol. 58, № 2. — P. 117–123.

Поступила 13.08.2009

УДК 616-091.818:616.83-005.4

МЕХАНИЗМЫ АПОПТОЗА ПРИ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Т. С. Угольник, Т. Н. Чубукова

Гомельский государственный медицинский университет

В статье представлен литературный обзор, обобщающий современные данные о механизмах апоптоза, который развивается вследствие ишемии головного мозга.

Ключевые слова: ишемия головного мозга, инфаркт мозга, апоптоз, Aif, микроэлементы, металлотионеины, половой диморфизм, PARP, NO.

MECHANISMS OF APOPTOSIS IN CEREBRAL ISCHEMIA

T. S. Ugolnick, T. N. Chubukova

Gomel State Medical University

The article consists of the literary review, which summarized current data about mechanisms of apoptosis, in consequence of the developing cerebral ischemia.

Key words: cerebral ischemia, cerebral infarction, apoptosis, Aif, methallothioneins, micronutrients, sexual dimorphism, PARP, NO.